

و ترسیم پروفیل مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قسمت بعد توضیح داده می‌شود.

جدول ۱-۲

ارتفاع نقاط	ارتفاع دستگاه	قرائت جلو	قرائت میانی	قرائت عقب	فاصله از مبدأ	فاصله بین نقاط	شماره نقطه
H	HI	F.S	I.S	B.S	km	Di	P.N

**۴- محاسبات پروفیل طولی:** برای تهیه پروفیل طولی باید فاصله و ارتفاع نقاط ترازایی در طول مسیر را به دست آورد. فاصله نقاط معمولاً از ابتدای مسیر محاسبه می‌شود که تحت عنوان «فاصله از مبدأ» بر حسب کیلومتر (کیلومتر از) نشان داده می‌شود. برای تعیین ارتفاع نقاط، در این قسمت محاسبات ترازایی هندسی به روش ارتفاع دستگاه (Height of Instrument) از طریق حل جدول ترازایی تشریح می‌گردد.

به طور کلی برای حل جدول ترازایی از دو روش می‌توان استفاده کرد، روش اول روشی است که به آن روش اختلاف ارتفاع (فراز و نشیب) می‌گویند که قبلاً آن را در کتاب مساحی آموختید و روش دوم، روش ارتفاع دستگاه (ارتفاع خط دید دوربین) می‌باشد که در این قسمت در قالب یک مثال کاربردی به شرح آن می‌پردازیم.

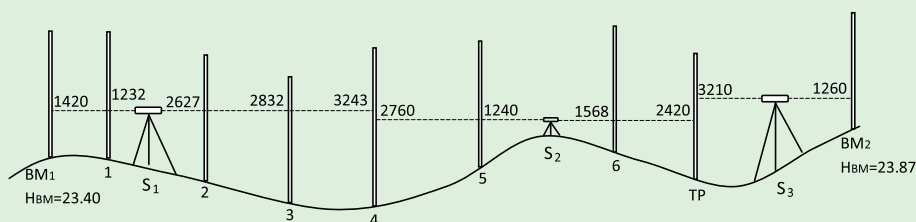
#### بیشتر بدانیم



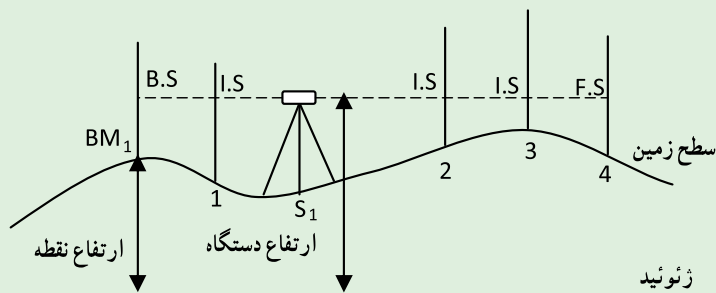
بزرگراه‌های چند طبقه که بر اساس اندازه‌گیری‌های دقیق ترازایی اجرا و کنترل شده‌اند.

## مثال ۲-۱ :

محاسبه جدول ترازیبی حاصل از پروفیل برداری به روش ارتفاع دستگاه  
برای تهیه پروفیل طولی از یک مسیر کانال آبرسانی، مطابق شکل زیر عملیات  
ترازیابی انجام گرفته است و برای کنترل، ابتدا و انتهای آن به دو نقطه بنچ مارک بسته  
شده است. ارتفاع نقاط را به روش ارتفاع دستگاه محاسبه نمایید. (طول مسیر ترازیبی  
۶۰۰ متر و ترازیبی درجه ۳ می باشد)



راهکار کلی : در این روش مطابق شکل زیر با اضافه کردن قرائت عقب به  
ارتفاع نقطه، ارتفاع خط دید دوربین (ارتفاع دستگاه) به دست می آید، سپس از این  
ارتفاع (ارتفاع دستگاه)، قرائت جلو کم می گردد و عدد حاصل همان ارتفاع نقطه  
می باشد.



$$H_1 = (\text{ارتفاع دستگاه}) = HBM + B.S.M$$

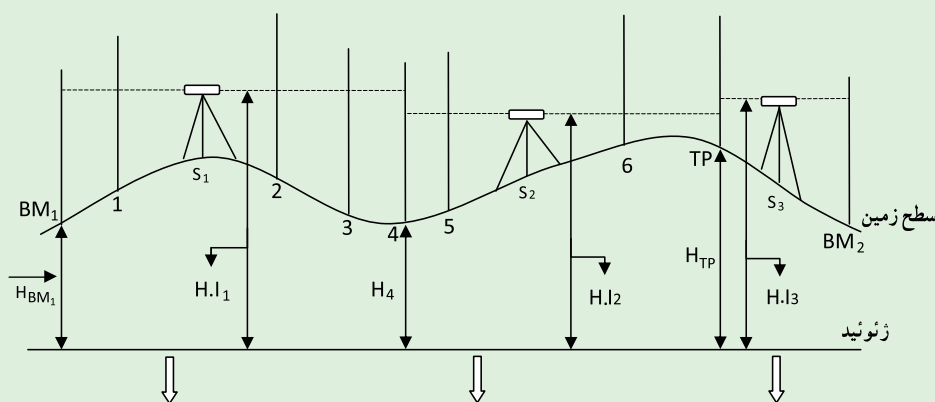
$$H_1 = H.I - I.S_1$$

$$H_2 = H.I - I.S_2$$

$$H_3 = H.I - I.S_3$$

$$H_4 = H.I - F.S_4$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید در این روش ارتفاع همه نقاطی که از یک ایستگاه قرائت شده به طور مستقیم از روی ارتفاع دوربین در آن ایستگاه به دست می‌آید. چنانچه برای ادامه کار ترازایی، دوربین را جابجا کرده و در ایستگاه دوم ( $S_2$ ) مستقر شویم، باید در این ایستگاه نیز ارتفاع دوربین را از روی ارتفاع محاسبه شده برای نقطه آخر دهنه قبل و قرائت عقب آن که در اینجا نقطه ۴ است، به دست آورده و ارتفاع سایر نقاط قرائت شده از این ایستگاه را محاسبه کنیم تا به (نقطه آخر دهنه دوم نقطه TP) برسیم و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم ( $S_3$ ) کار را دنبال کنیم :



$H.I_1 = (ارتفاع\ دستگاه) = H_{BM_1} + B.S_{BM_1}$ $H_1 = H.I_1 - I.S_1$ $H_2 = H.I_1 - I.S_2$ $H_3 = H.I_1 - I.S_3$ $H_4 = H.I_1 - F.S_4$	<p>حال که <math>H_4</math> را محاسبه کردیم از رابطه زیر ارتفاع دستگاه در ایستگاه دوم (<math>H.I_2</math>) را به دست می‌آوریم :</p> $H.I_2 = H_4 + B.S_4$ <p>و داریم :</p> $H_5 = H.I_2 - I.S_5$ $H_6 = H.I_2 - I.S_6$ $H_{TP} = H.I_2 - F.S_{TP}$	<p>و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم و نقطه آخر یعنی <math>BM_2</math> داریم :</p> $H.I_3 = H_{TP} + B.S_{TP}$ $H_{BM_2} = H.I_3 - F.S_{BM_2}$
--	--	--

روش حل : ابتدا جدولی مطابق شکل صفحه بعد ترسیم نموده و قرائت روی شاخص‌ها را از روی شکل بالا برای نقاط  $BM_1$  تا  $BM_2$  وارد جدول می‌کنیم.

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	I.S قرائت میانی	F.S قرائت جلو	H.I(m) ارتفاع دستگاه	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM <sub>1</sub>	1420			24.820	23.400		23.400
1		1232		24.820	23.588		
2		2627		24.820	22.193		
3		2832		24.820	21.988		
4	2760			24.337	21.577		
5		1240	3243	24.337	23.097		
6		1568		24.337	22.769		
TP	3210		2420	25.127	21.917		
BM <sub>2</sub>			1260	25.127	23.867		23.870

محاسبه ارتفاع نقاط با استفاده از روش ارتفاع دستگاه :

$$H. I_1 = 23.400 + 1.420 = 24.820$$

$$H_1 = 24.820 - 1.232 = 23.588$$

$$H_2 = 24.820 - 2.627 = 22.193$$

$$H_3 = 24.820 - 2.832 = 21.988$$

$$H_4 = 24.820 - 3.243 = 21.577$$

حال H.I<sub>2</sub> را از H<sub>4</sub> محاسبه می کنیم

$$H. I_2 = 21.577 + 2.760 = 24.337$$

$$H_5 = 24.337 - 1.240 = 23.097$$

$$H_6 = 24.337 - 1.568 = 22.769$$

$$HTP = 24.337 - 2.420 = 21.917$$

حال H.I<sub>3</sub> را از HTP محاسبه می کنیم

$$H. I_3 = 21.917 + 3.210 = 25.127$$

$$H_{BM2} = 25.127 - 1.260 = 23.867$$

برای محاسبه خطای تراز یابی داریم (تکراری) :

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست تراز یابی  
یعنی  $e_L = 23.867 - 23.870 = -0.003 \text{ m} = -3\text{mm}$

و همچنین خطای مجاز تراز یابی درجه ۳ برابر است با :

$$e_{\max} = 12\sqrt{k}$$

$$e_{\max} = 12\sqrt{0.6} \approx 9\text{mm}$$

پس خطای بست تراز یابی مجاز می باشد و می توان آن را سر شکن کرد.

حال مقدار ثابت تصحیح را به دست می آوریم :

$$c = \frac{-e_L}{n}$$

$$c = \frac{-(-3)}{3} = +1\text{mm}$$

ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کرده و جدول را کامل می کنیم.

P.N	B.S	I.S	F.S	H.I(m)	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دستگاه	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM <sub>1</sub>	1420			28.820	23.400	0	23.400
1		1232		28.820	23.588	+1	23.589
2		2627		28.820	22.193	+1	22.194
3		2832		28.820	21.988	+1	21.989
4	2760		3243	24.337	21.577	+1	21.578
5		1240		24.337	23.097	+2	23.099
6		1568		24.337	22.769	+2	22.771
TP	3210		2420	25.127	21.917	+2	21.919
BM <sub>2</sub>			1260	25.127	23.867	+3	23.870

بحث و بررسی: همان طور که در جدول ترازایی بالا مشاهده می کنید نقاطی که در هر دهنه دارای قرائت میانی (I.S) می باشند، ارتفاع دستگاه برای آنها تغییری نمی کند چرا که همه آنها از یک دوربین با یک ارتفاع قرائت شده اند. همچنین مقدار تصحیح برای این نقاط نیز یکسان می باشد.

● قابل توجه است که در روش ترازایی شعاعی برای سرشکنی (تعدیل) خطای ترازایی بهتر است که خطای موجود را (در صورت مجاز بودن) بر روی قرائت های عقب توزیع نمود. یعنی می توان از همان ابتدا قبل از محاسبه ارتفاع نقاط، ابتدا خطای ترازایی را محاسبه کرده، سپس مقدار ثابت تصحیح را به دست آورد و این مقدار ثابت را به قرائت های عقب اعمال کرد. در این صورت ارتفاع محاسبه شده برای نقاط تصحیح شده می باشد و نیازی به تشکیل ستون تصحیح و ارتفاع تصحیح شده نیست.

**۵- ترسیم پروفیل طولی:** معمولاً پروفیل را بر روی کاغذ میلی متری رسم می کنند. برای رسم پروفیل طولی بر روی کاغذ میلی متری دو محور عمود بر هم ترسیم کرده و محور افقی را به عنوان محور فاصله نقاط و محور عمودی را به عنوان محور ارتفاع نقاط در نظر می گیریم. به دلیل اینکه تغییرات ارتفاع نقاط بسیار کمتر از تغییرات طولی (فاصله بین دو نقطه) می باشد، معمولاً مقیاس محور ارتفاع را ده برابر مقیاس محور طولی در نظر می گیرند تا اختلاف ارتفاع نقاط به نحو اغراق آمیزی نمایش داده شود. این امر موجب افزایش دقت طراحی خط پروژه در مرحله بعد و نمایش بهتر جزئیات ارتفاعی مسیر می شود.

پس از انتخاب مقیاس طولی و ارتفاعی، به جدول ارتفاعات مراجعه و کمترین عدد ارتفاعی را از داخل جدول استخراج می کنیم. سپس عدد گرد شده ای کمتر از این عدد مشخص کرده و به عنوان ارتفاع مبنا برای محور افقی (محور X) در نظر می گیریم. بنابراین با این کار تمام پروفیل طولی در بالای محور طول ها قرار گرفته و در هیچ نقطه ای این محور را قطع نمی کند. سپس نسبت به سیستم مختصات اختیار شده موقعیت هر نقطه را با داشتن فاصله افقی و ارتفاع آن نقطه از مبدا، روی صفحه مشخص و در پایان کلیه نقاط را به وسیله خط های مستقیم به هم وصل می کنیم. نمودار حاصل، پروفیل طولی است.

### مثال ۱-۳: ترسیم پروفیل طولی

جدول زیر حاصل عملیات پروفیل برداری قسمتی از یک جاده می باشد. پروفیل طولی آن را در مقیاس طولی  $1:1500$  ترسیم نمایید.

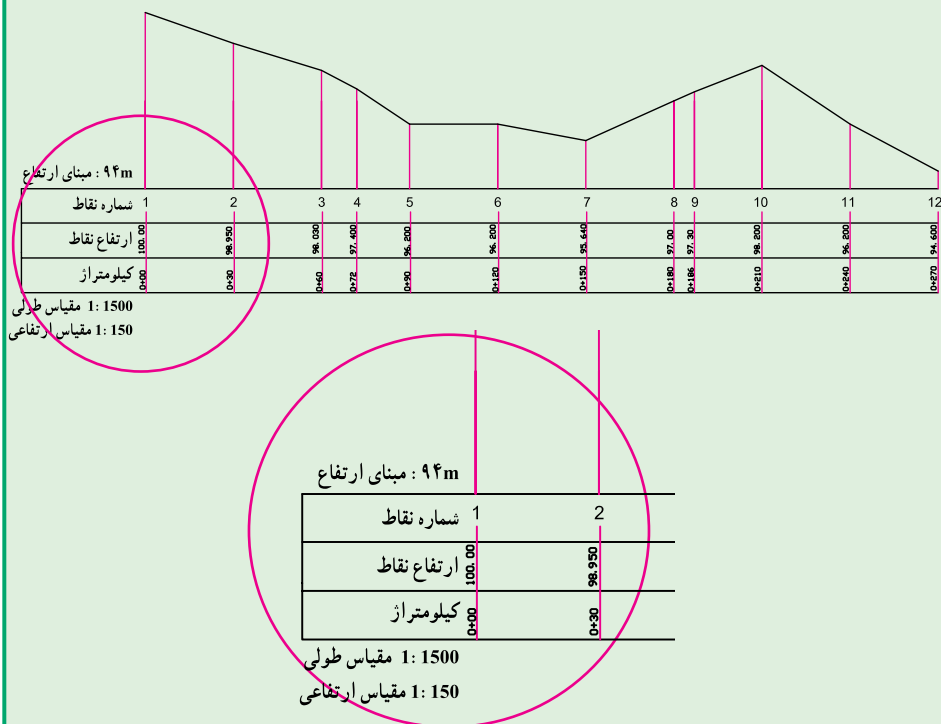
ارتفاع نقاط H	فاصله از مبدأ km	فاصله بین دو میخ Di	شماره میخ NO.P
100.000	00 + 000	30	1
98.950	+030	30	2
98.030	+060	12	3
97.400	+072	18	4
96.200	+090	30	5
96.200	+120	30	6
95.640	+150	30	7
97.000	+180	7	8
97.300	+187	23	9
98.200	+210	30	10
96.200	+240	30	11
94.600	00 + 270		12

راهکار کلی: با توجه به این که مقیاس طولی  $1:1500$  است پس باید مقیاس ارتفاعی را  $1:150$  در نظر بگیریم. همچنین با توجه به اینکه کمترین ارتفاع در جدول  $94/600$  متر می باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد گرد شده ای (رُندی) کمتر از آن در نظر گرفت مثلاً ارتفاع ۹۴ متر را می توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر گرفت.

با توجه به جدول، محور ارتفاعی را باید برای حداقل اختلاف ارتفاع ۵ متر در مقیاس  $1:150$  در نظر بگیرد. و همچنین محور طولی را برای حداقل فاصله  $270$  متر از مبدأ در مقیاس  $1:1500$  ترسیم کنید. سپس فاصله ها را در مقیاس  $1:1500$  و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۴ متر است و در مقیاس  $1:150$  روی محورها جدا کنید. برای این کار می توانید از اِشِل (خط کش مقیاس) استفاده کنید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آنها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید.

برای استفاده بهتر و بیشتر از نیمرخ‌های طولی اولاً مسیر را در گوشه‌ای از کاغذ ترسیم کرده و ثانیاً در زیر نمودار، جدولی ترسیم می‌کنند که خصوصیات نقاط برداشتی شامل شماره نقطه، کیلومتر، ارتفاع نقاط، شیب زمین و ... را مقابل هر نقطه می‌نویسند.

روش حل و ترسیم :





۶- طراحی خط پروژه : پس از تهیه و ترسیم پروفیل طولی، با توجه به مشخصات فنی و نوع مسیر، خطی روی پروفیل طولی طراحی می‌گردد که اصطلاحاً به آن خط پروژه می‌گویند.

شیب سطح تمام شده راه و به عبارتی نیمرخ طولی مسیر پس از پایان ساخت پروژه را خط پروژه گویند.

با توجه به محدودیت‌ها و رعایت اصول مهندسی باید شیب خط پروژه متناسب با ارتفاع نقطه



شروع طوری طراحی شود که از حد مجاز بیشتر نشده و همچنین حجم خاکبرداری و یا خاکریزی به کمترین مقدار برسد و یا اینکه سعی شود که حجم خاکبرداری و خاکریزی تا اندازه‌ای با هم برابر شود. می‌دانید چرا؟

معمولاً پروفیل را با رنگ مشکی و خط پروژه را با رنگ قرمز ترسیم می‌کنند. و به آن خط قرمز نیز گفته می‌شود.  

## بیشتر بدانیم

۷- پیاده‌سازی و کنترل : پس از طراحی خط پروژه با معلوم بودن شیب درصد خط پروژه و ارتفاع پروژه در نقطه اول می‌توان ارتفاع هر نقطه را روی خط پروژه محاسبه کرده، میزان عمق خاکبرداری و یا خاکریزی را در نقاط امتداد مسیر به دست آورد و در نهایت خط پروژه را روی زمین پیاده نمود.

### مثال ۱-۴ : ترسیم خط پروژه و محاسبه عمق خاک در نقاط

با توجه به پروفیل ترسیم شده در مثال قبل ، در صورتی که شیب خط پروژه ۲ درصد در نظر گرفته شود و ارتفاع پروژه در نقطه اول برابر ارتفاع زمین همان نقطه باشد، پس از ترسیم خط پروژه روی این پروفیل، عمق خاک را در هر یک از میخ‌ها محاسبه کنید. **راهکار کلی :** منظور از شیب بین دو نقطه نسبت اختلاف ارتفاع به فاصله افقی دو نقطه می‌باشد. که آن را با P نمایش می‌دهند و معمولاً آن را برحسب درصد بیان می‌کنند.

$$P = (\Delta H / D_h) \Rightarrow P\% = (\Delta H / D_h) \times 100$$

همان‌طور که در صورت مثال بیان شده شیب خط پروژه ۲ درصد می‌باشد. و همچنین ارتفاع پروژه در نقطه اول معلوم است. پس می‌توان ارتفاع پروژه را در هر نقطه به دست آورد زیرا فاصله بین نقاط نیز معلوم است. به عبارتی داریم :

$$P\% = (\Delta H / D_h) \times 100 \Rightarrow \Delta H = (D_h \times P\%) / 100$$

$$H_{pi} = H_{p1} + \Delta H$$

در این رابطه  $H_{pi}$  همان ارتفاع پروژه در نقطه  $i$  ام می باشد که برای هر نقطه با توجه به شیب خط پروژه و فاصله اش از مبدأ قابل محاسبه می باشد. حال با استفاده از این رابطه ارتفاع پروژه در میخ آخر را به دست می آوریم و سپس این عدد را در پروفیل برای نقطه آخر روی صفحه پیدا کرده و در نهایت محل نقطه اول خط پروژه را مطابق شکل به این نقطه وصل می کنیم. حال که خط پروژه ترسیم شد، با معلوم بودن فاصله نقاط از نقطه اول و استفاده از رابطه بالا ارتفاع پروژه را برای همه میخ ها به دست می آوریم. ارتفاع زمین نیز برای همه میخ ها از قبل معلوم است پس اختلاف این دو مقدار همان عمق خاک را در محل میخ نشان می دهد.

روش حل :

$$\left. \begin{array}{l} \text{ارتفاع پروژه در نقطه اول } (H_{p1}) = 100.000 \text{ m} \\ \text{شیب درصد خط پروژه } (p\%) = -2\% \\ \text{فاصله میخ اول و آخر } (D_0) = 270 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} (\text{اختلاف ارتفاع اول و آخر پروژه}) &= (270 \times -2) \div 100 = -5.400 \text{ m} \\ H_p (\text{ارتفاع پروژه در میخ آخر}) &= 100.000 + (-5.400) \Delta H = 94.600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{1-2} = (30 \times -2) / 100 = -0.6 \text{ m}$$

$$H_{p2} = 100 + (-0.6) = 99.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-3} = (60 \times -2) / 100 = -1.2 \text{ m}$$

$$H_{p3} = 100 + (-1.2) = 98.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-4} = (72 \times -2) / 100 = -1.44 \text{ m}$$

$$H_{p4} = 100 + (-1.44) = 98.560 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-5} = (90 \times -2) / 100 = -1.80 \text{ m}$$

$$H_{p5} = 100 + (-1.80) = 98.200 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-6} = (120 \times -2) / 100 = -2.40 \text{ m}$$

$$H_{p6} = 100 + (-2.40) = 97.600 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-7} = (150 \times -2) / 100 = -3.00 \text{ m}$$

$$H_{p7} = 100 + (-3.00) = 97.000 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-8} = (180 \times -2) / 100 = -3.60 \text{ m}$$

$$H_{p8} = 100 + (-3.60) = 96.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-9} = (187 \times -2) / 100 = -3.74 \text{ m}$$

$$H_{p9} = 100 + (-3.74) = 96.260 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-10} = (210 \times -2) / 100 = -4.20 \text{ m}$$

$$H_{p10} = 100 + (-4.20) = 95.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-11} = (240 \times -2) / 100 = -4.80 \text{ m}$$

$$H_{p11} = 100 + (-4.80) = 95.00 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-12} = (270 \times -2) / 100 = -5.40 \text{ m}$$

$$H_{p12} = 100 + (-5.40) = 94.600 \text{ m}$$

ارتفاع پروژه - ارتفاع زمین = عمق خاک در هر میخ

$$\text{عمق 1} = 100 - 100 = 0 \text{ m}$$

$$\text{عمق 2} = 98.950 - 99.400 = -0.450 \text{ m}$$

$$\text{عمق 3} = 98.030 - 98.800 = -0.770 \text{ m}$$

$$\text{عمق 4} = 97.400 - 98.560 = -1.160 \text{ m}$$

$$\text{عمق 5} = 96.200 - 98.200 = -2.000 \text{ m}$$

$$\text{عمق 6} = 96.200 - 97.600 = -1.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 7} = 95.640 - 97.000 = -1.360 \text{ m}$$

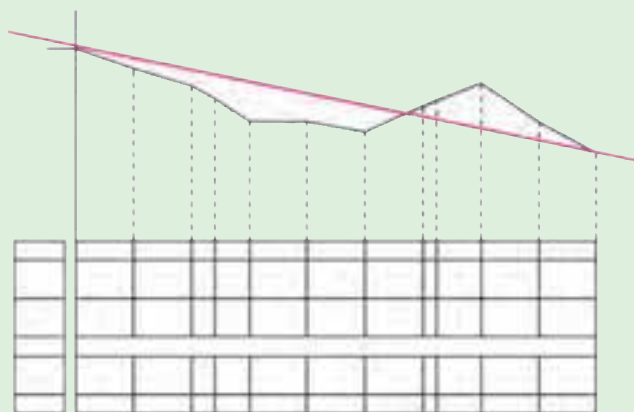
$$\text{عمق 8} = 97.000 - 96.400 = +0.600 \text{ m}$$

$$\text{عمق 9} = 97.300 - 96.260 = +1.040 \text{ m}$$

$$\text{عمق 10} = 98.200 - 95.800 = +2.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 11} = 96.200 - 95.200 = +1 \text{ m}$$

$$\text{عمق 12} = 94.600 - 94.600 = 0 \text{ m}$$



بحث و بررسی : همان طوری که در صفحه قبل مشاهده می کنید عددی که برای عمق خاک به دست آمده در بعضی از نقاط مثبت و در بعضی منفی می باشد، می توان چنین گفت که در نقاطی که ارتفاع خط پروژه بالاتر از زمین قرار دارد این عدد منفی است یا به عبارتی در این نقاط باید خاکریزی کنیم و در نقاطی که عمق خاک مثبت می باشد نشان دهنده این است که باید در آن نقاط خاکبرداری کنیم تا به ارتفاع پروژه برسیم. طبیعتاً عدد صفر برای عمق خاک بدین معنی است که خط پروژه در این نقاط بر خط زمین منطبق می باشد و در این نقاط عملیات خاکی نداریم.

به نظر شما در میخ شماره ۵ خاکبرداری داریم یا خاکریزی، چند متر و چرا؟

### ۳-۱- تسطیح اراضی (Land leveling & grading)

تغییر در وضعیت پستی و بلندی های زمین (توپوگرافی) و مناسب نمودن آن برای اجرای پروژه های مختلف عمرانی در اغلب موارد امری الزامی است. در کشاورزی - به خصوص در مواردی که آبیاری به روش سطحی انجام می شود - این تغییر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یک زمین با شکل مناسب نه تنها موجب گسترش یکنواخت آب و در نتیجه بالا بردن راندمان آبیاری می گردد، بلکه دیگر فعالیت های زراعی (کاشت، داشت و برداشت) را آسان می سازد.

تسطیح یک اصطلاح کلی است و به تمام عملیات هموار نمودن و شیب دادن زمین اطلاق می شود. به عبارت دیگر تسطیح کردن به عملیاتی گفته می شود که طی آن سطح طبیعی زمین به یک سطح صاف بدون شیب و یا با شیب ثابت تغییر می یابد. اما اغلب تسطیح زمین در کشاورزی به منظور ایجاد سطحی صاف با شیبی متناسب با روش آبیاری انجام می شود.

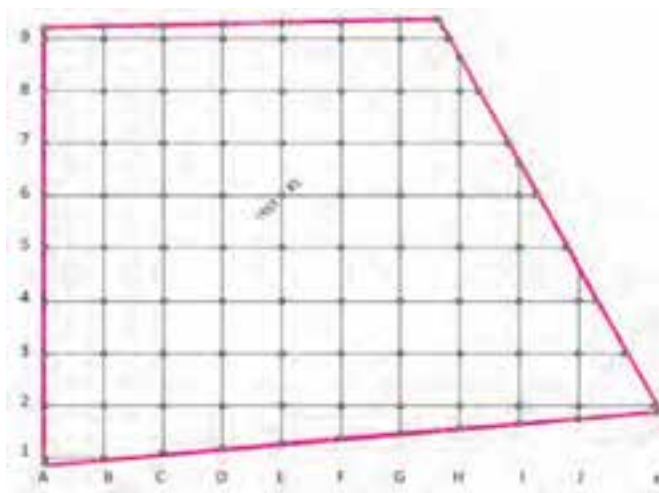
برای تسطیح ابتدا زمین مورد نظر شبکه بندی شده و ارتفاع نقاط شبکه به روش ترازبایی مستقیم و یا روش های دیگر به دست آورده می شود. پس از آن، طرح تسطیح توسط مهندسان مشاور طراحی می شود و سپس ارتفاع تک تک نقاط شبکه روی طرح محاسبه شده و با ارتفاع زمین موجود مقایسه می شود. به عبارتی عمق خاک در نقاط شبکه مشخص می شود و حجم عملیات خاکی (خاکبرداری و خاکریزی) محاسبه و هزینه آن برآورد شده و در پایان، طرح به اجرا در می آید. پس به طور کلی تسطیح را می توان در چند مرحله زیر خلاصه کرد : ۱- شبکه بندی ۲- ترازبایی و محاسبات

۳- ترسیم شبکه ۴- طراحی و محاسبات تسطیح ۵- اجرای طرح و کنترل آن. در ادامه به تشریح هر مرحله می پردازیم.

۱- شبکه بندی : در این مرحله ابتدا سطح زمین به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و دوزنقه تقسیم بندی شده و محل تقاطع اضلاع شبکه (نقاط گِرهی) روی زمین علامت گذاری (میخکوبی) می شود. معمولاً اندازه اضلاع شبکه تا حد ممکن نزدیک به هم انتخاب می شود. به طوری که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور در شبکه را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت. در عمل اضلاع شبکه را دو سانتی متر در مقیاس نقشه در نظر می گیرند مثلاً اگر مقیاس نقشه شبکه بندی مورد نظر ۱:۵۰۰ باشد باید اضلاع شبکه را ۱۰ متری در نظر گرفت.

۲- تراز یابی و محاسبات : پس از مرحله شبکه بندی انجام تراز یابی مستقیم و به شیوه شعاعی ارتفاع نقاط شبکه محاسبه می شود.

۳- ترسیم شبکه: در ادامه مطابق شکل (۱-۷) شبکه مورد نظر را با توجه به مقیاس مورد نظر روی کاغذ ترسیم کرده و ارتفاع نقاط روی آن نوشته می شود.



شکل ۱- ۷- شبکه ارتفاعی نقاط

### تسطیح کردن در لغت نامه دهخدا :

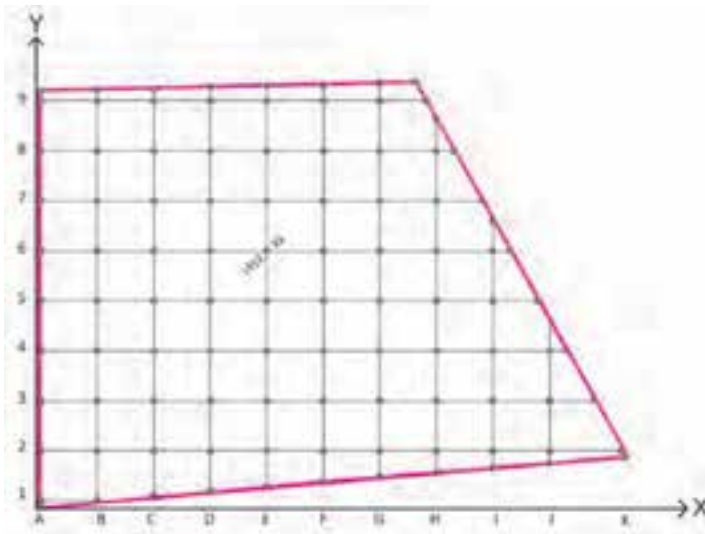
هموار کردن. یکسان کردن. صاف و مسطح کردن زمین و جز آن.  
علم تسطیح کره ، دانستن چگونگی نقل کره است به سطح با حفظ خط‌ها و دایره‌ها که بر آن رسم شده است و چگونگی نقل این دایره‌ها از دایره به خط.

می‌توان با اختیار کردن یک سیستم مختصات سه‌بعدی برای قطعه زمین شبکه‌بندی شده، مختصات سه‌بعدی هر نقطه از رئوس این شبکه را در این سیستم مختصات به دست آورد. به این صورت که محور  $X$  سیستم را در طول زمین و محور  $Y$  آن را در عرض زمین و همچنین محور  $Z$  را محور ارتفاعات – که عمود بر سطح زمین است – در نظر می‌گیرند.

به طور مثال در شکل صفحه بعد اگر ابعاد شبکه  $10^\circ$  متری باشد، مختصات نقطه  $E$  برابر است

با :

$$(1452/23, 40 \text{ و } 50)$$



شکل ۱-۸- شبکه ارتفاعی نقاط با مختصات

۴- طراحی و محاسبات تسطیح: این مرحله از تسطیح باید توسط مهندسین مجرب که در این زمینه دارای تخصص و تجربه کافی باشند انجام شود. چرا که بر اثر طراحی نامناسب، نه تنها کارایی تسطیح کاهش می‌یابد بلکه مخارج تسطیح - که حتی در شرایط انجام صحیح کار هم بسیار بالاست - به میزان زیادی افزایش پیدا می‌کند.

مهندسان در طراحی تسطیح از نظر کاهش هزینه‌ها دو هدف عمده را دنبال می‌کنند:

۱- تسطیح با حداقل حجم خاکبرداری و خاکریزی انجام شود.

۲- بین حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی تعادل وجود داشته باشد.

برای دستیابی به این اهداف و انجام یک طراحی مناسب برای تسطیح زمین روش‌های مختلفی وجود دارد که در دوره‌های بالاتر با آنها آشنا خواهید شد. از جمله کارهایی که در مرحله طراحی تسطیح انجام می‌شود می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱- محاسبه بهترین شیب برای زمین در جهت‌های مختلف.

۲- محاسبه ارتفاع نقاط شبکه بعد از تسطیح و همچنین محاسبه عمق‌های خاکبرداری و خاکریزی.

۳- محاسبه حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی برای بررسی اقتصادی طرح، عقد قرارداد و انتخاب ماشین آلات مناسب.

۴- تهیه نقشه اجرایی تسطیح.

در مرحله طراحی تسطیح بعد از آنکه سطح پروژه طراحی شد و به عبارتی ارتفاع و شیب آن مشخص شد با توجه به این طرح و همچنین شبکه ارتفاعی که از زمین موجود است می‌توان حجم عملیات خاکی را برای سطح پروژه مورد نظر محاسبه کرد.

در اینجا حالت ساده‌ای را در نظر می‌گیریم که در آن سطح پروژه طوری طراحی شده که کاملاً افقی (بدون شیب) بوده و فقط خاکبرداری و یا خاکریزی کامل داریم:

### بیشتر بدانیم

تسطیح با GPS: راننده در هر لحظه ارتفاع موجود سطح زمین که توسط GPS اندازه‌گیری می‌شود را در کنار ارتفاع طراحی شده مشاهده نموده و در هر نقطه با انجام خاکبرداری و یا خاکریزی این دو را به هم می‌رساند.